農業化學

土壤資源調查及環境監測

台灣土壤資源資訊建置 106 年進行屏東縣 (部分) 及台東縣 (部分) 合計 2,715 平方公里之土壤資源資料更新建置，進行土鑽 10,008 點觀測及 2,755 點迷你剖面採樣與 603 處大剖面調查。土壤樣品分析包括：土壤質地 9,575 個，土壤總體密度 7,413 個，水分特性曲線 21,000 個，土壤團粒 8,500 個，飽和導水度 19,071 個，以及 15,000 個一般土壤化學性質試驗。大剖面土壤樣品則每個土壤樣品包含 13 項分析，27 個測值資料及土壤相關的特殊試驗。繪製以 1/25,000 經建版地形圖為底圖之平地、坡地地區土壤圖 18 幅。辦理土壤資源及農地土地覆蓋圖資資訊應用教育訓練 2 場，以及圖資推廣與應用教育訓練 4 場，對象為政府單位人員、學校教師或學生等共 123 人。97 年至 106 年圖資已提供農委會、農糧署、農業改良場、林務局、水土保持局、農業試驗所等單位在政府重大政策方案之決策支援及一般業務應用，另外也提供圖資給環保署、水利署水規所等單位於相關業務應用，並提供圖資給台北大學、台灣大學、成功大學、淡江大學、雲林科技大學、聯合科技大學、中國文化大學、科技部國家災害防救中心等學術單位供水土資源資料庫建置、土壤碳匯、集水區管理、氣象預報模式等業務相關應用及學術研究。

農地土地覆蓋資料庫建置 106 年「農地土地覆蓋資料庫建置計畫」應用航照與衛星影像判釋、農田現況取樣現地調查、地理資訊 (GIS) 等技術，以本會「林務局農林航空測量所」彩色航照立體影像及 Formosat-5、SPOT-6/7、Rapid Eye 等衛星影像為材料，進行 16,645 平方公里台灣平原及坡地農業區之農地土地覆蓋分布判釋與 GIS 圖資更新，及 12.1 萬筆農田現況取樣現地調查。本年度應用衛星影像進行判釋繪圖的種類有：小麥、毛豆、水蕹菜、牛蒡、包心芥菜、玉米、甘藍、甘藷、西瓜、油菜、芥菜、花椰菜、洋蔥、紅豆、胡麻、胡蘿蔔、草莓、馬鈴薯、甜瓜、甜椒、菊花、菸葉、蒜、蔥頭、蘿蔔等 25 種以上作物；應用航照影像完成北北基、桃園、彰化、嘉義、台南、台東、花蓮、南投、高雄等地區香蕉栽植空間分布之判釋。此外，也應用航照搭配衛星影像進行全台農地現況盤點判釋，並完成農地現況空間資訊圖資產製。成果圖資已陸續進行 WMS (Web Map Service) 發布，可供大眾於內政部「地理資訊圖資雲服務平台 (TGOS)」及本所「台灣土壤資源與農地土地覆蓋圖資瀏覽查詢系統」之網頁進行圖資免費瀏覽查詢。本年度農地土地覆蓋圖資供應給 6 個政府單位、9 個學校單位，共計供應 15 次。97 年至 106 年歷年建置之農地土地覆蓋圖資搭配土壤特性分布圖資，本年度已將其用於協助農業生產專區規劃之作業，供未來農業發展規劃應用。

黃金廊道農業新方案暨行動計畫-開發黃金廊道農場經營決策及建立國家糧食監測系統 彰化縣、雲林縣與嘉義縣局部地區有地層下陷情況發生，部分區域因差異沉陷恐有影響高鐵正常營運之虞。本計畫目的在於建立、提供農政單位農業生產所需的資源資訊，協助土地利用調整規劃建議、農業生產策略、農場操作管理策略，擬定提昇本區之農業生產之土水利用效率方向。計畫進行彰雲嘉地區農業黃金廊道區內土壤肥力調查 3,000 公頃 2,000 點。調查、建置農業黃金廊道區 106 年 3 個期作作物栽培分布資訊圖資。發展農場管理資通訊技術，發展區域精準農業管理系統及農場經營決策分析系統，著重強化農場操作用之作物特性、耕作制度、土壤管理、肥水灌溉技術、病蟲害管理。以雲林縣廊道為範圍，地景生態為單元，以土地利用評估及規劃方法進行農業的產業適宜性評估，改變當地土地利用，達到節水耕作的目標。整合糧作調查方法，進行 3 種大宗糧食作物栽培面積調查。進行 1 個作物種類(水稻)之單位面積產量與區域總產量估算。收集玉米作物參數，進行硬質玉米 DSSAT 遺傳參數建立，目前，已蒐集 1,830 筆完成玉米種植的農地資料，內容包含每一農地之種植起始日期與收成日期，透過此資料結合每日氣象資訊，將初步針對每一個作物品種進行分析，找出玉米主要種植品種積溫模式，進而發展玉米收穫期與產量預測模型。

以農業無人機的監測與噴灑技術為基礎的作物病蟲害防治與養分、水分管理 本計畫擬開發具噴藥、施肥效能選擇的農用多旋翼無人機噴灑控制系統、噴灑控制與自動飛行控制的協同作業系統及無人機多源感測器農作監測系統應用。同時研究無人機獲取遙測資料的後處理方法，包括遙測資料的校正演算法、地物識別及農作物生長 資訊快速提

取與解析方法、作物資訊精準管理快速決策支援演算法等。本計畫已針對於水稻、玉米、絲瓜、火龍果、美生菜、黑豆、南瓜等不同生長型態作物進行 UAV 噴藥試驗。根據水試紙結果得知，相較傳統跟無人機兩者，無人機受水較均勻 (葉正反面) 且總用水用藥量較少並也達到防治的效果，然而人工噴藥大多落在葉正面，若連續施藥兩周，對於病蟲害防治效果較顯著，相較於施藥量，無人機所用的藥量及水量比人工少。於試驗地中設置性費洛蒙及甲基丁香油誘蟲器，並於噴藥前進行監測害蟲 (果實蠅與斜紋夜蛾) 之密度，可發現二試驗地之 UAV 噴藥及人工噴藥區，施藥後害蟲密度均有顯著下降，兩種施藥方式無顯著差異。在幾項試驗作物中，UAV 噴藥效益最佳為紅龍果園，在現行農藥使用規範下，較傳統噴藥作業節約 80%的農藥、80%用水量及 70%時間。

無人飛行載具災損調查技術研發　本計畫應用無人機的災害勘查目的則定位在利用影像收集、分析判釋供為建立歷史次災害損失資料庫。已完成在霧峰區的 5000 公頃小區域面積的農作物遭天然災害受損後，以無人機拍照留證並分析影像判釋受損農田的面積比例、與地籍資料套疊等災作業的作業流程，在水稻與香蕉倒伏案例與人工地面判釋結果相似，其它作物，包括落果、浸水等，目前技術仍待改進。在小面積農業災損區域，應用 UAV 災損勘災，可減少農業災害後損害評估時間及人力，縮短輔導農民復耕的時程。但不同的工作方案考量監測目標區的面積大小、災情的細膩需求 (影像解析度)、資料的急迫性、拍攝天候與拍攝影像的技術的選擇 (載具與感測器)、成本、判釋工時與方法等因素。如是大區域面積的天然災害受損農田處理，建議由農航所的有人飛機高解析度相機拍攝影像進行分析作業與判釋速度較快。目前已採購 4 套無人機影像拼接軟體，以因應無人機產出的大量照片，拼接耗時長久的問題。應用多層次遙測與地理空間技術可能才是最佳的方法。

關渡平原土壤砷濃度與水稻穀粒砷物種之關係　無機砷被國際癌症研究機構(IARC)認定為第一級的致癌物質，攝食稻米為人體暴露砷的重要途徑之一，故近年來水稻砷吸收的研究議題在全世界受到相當大的關注。位於台灣北部的關渡平原由於地質特性的關係，使當地土壤砷濃度偏高，此區域生產的稻米無機砷濃度是否符合目前國內預公告的食米限量標準 (精米 0.2 mg kg^{-1}，糙米 0.35 mg kg^{-1})為迫切需釐清的問題。因此，本試驗於 2017 年第一期作採集關渡平原中 9 塊農地的水稻及對應的土壤樣本，以初步了解當地土壤砷濃度與糙米砷物種的關係。試驗結果指出，糙米無機砷濃度與土壤砷濃度呈現顯著正相關，當土壤砷濃度大於 100 mg kg^{-1} 的條件下，糙米無機砷濃度高於 0.2 mg kg^{-1} 的比例較高 (83%)，高於 0.35 mg kg^{-1} 的則有 2 個樣本 (圖 5-1)。糙米砷物種分析結果顯示，無機砷與總砷濃度呈現高度的正相關，並且也發現無機砷濃度約為 DMA 的 10 倍 (圖 5-2)，推測此結果是由於當地的水分管理方式 (浸水時期短) 所致，此方式不利於土壤微生物的甲基化作用，進而降低土壤中 DMA 的生成及其在稻穀中的累積。由本試驗結果得知，雖然糙米中的無機砷濃度僅有 2 筆超過國內預公告的限量標準，但未來仍需持續研究如何同時降低關渡平原水稻砷毒害及稻穀無機砷累積的田間管理方法，以降低稻穀砷累積的風險。

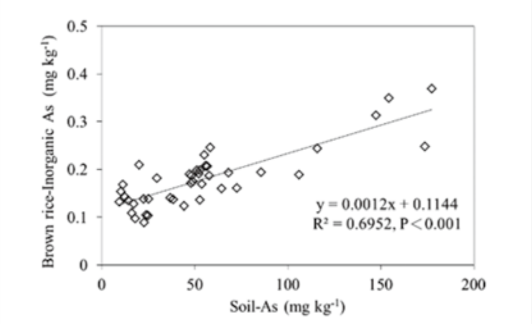


圖 5-1 關渡平原土壤砷濃度與糙米無機砷濃度之關係。

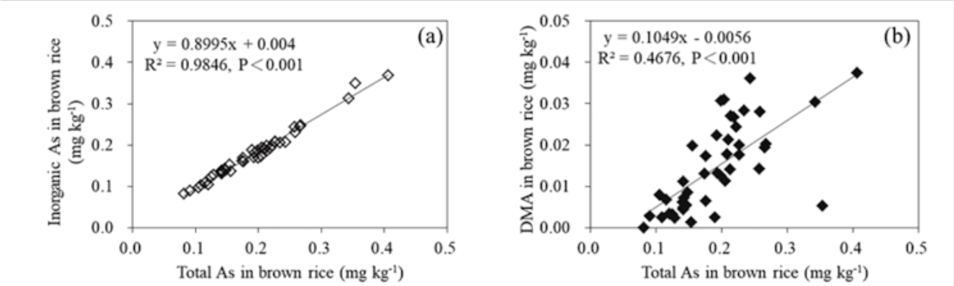


圖 5-2 關渡平原糙米中(a)無機砷、(b)雙甲基砷濃度與總砷濃度之關係

水分管理對稻穀鎘累積之影響　近年來，稻米鎘超過衛福部限量標準的事件層出不窮，如何降低土壤中鎘的生物有效性及濃度，進而降低作物中鎘的累積為現今急需解決的問題。過去研究指出，湛水管理可有效降低土壤中鎘的有效性及糙米鎘的累積，此法不但對環境影響低，也為農民能夠自行操作的農藝管理方法。然而，至今國內仍無田間試驗的資料。因此，本試驗的目的為，於鎘污染潛在風險農地評估水分管理對於降低糙米鎘累積及產量的影響，並且比較不同水稻品種間糙米鎘累積的差異。試驗結果指出，於灌水間隔長的地區，施用石灰搭配栽種低鎘吸收水稻品種對於降低糙米鎘濃度的能力有限，必須同時搭配湛水管理才可將糙米的鎘濃度降低至限量標準以下 (表 5-1)。此外，四個本試驗選用的水稻品種，稻穀的產量在不同水分處理下皆無顯著差異 (圖 5-4)。在不同水稻品種的試驗結果發現，湛水管理可顯著降低台東 30 號及桃園 3 號的稻穀鎘濃度及土壤至稻穀的轉移係數，對於台南 11 號及台中秈 10 號的影響則不顯著 (圖 5-3)。本試驗結果證實湛水管理的確可有效降低糙米對鎘的吸收，建議鎘污染潛在風險區域可透過提高田區湛水的時間，同時搭配提高土壤酸鹼度，預計將可大幅降低糙米鎘超標的風險。

土壤陳列館營運服務　台灣土壤陳列館開放參觀，提供土壤知識教育，106 年提供包括菲律賓農水產暨自然研究發展委員會、馬來西亞農業部副部長、泰國農業部土地發展廳、日本鳥取大學農學院師生、泰國北部研究行政聯盟訪問團、越南隆安省人民委員會、美國農部資深研究員、臺灣大學暑期國際學術交流課程師生、印尼大學參訪團、國際土地政策研究訓練中心、東海大學、亞洲大學、屏東科技大學、國立中興大學、國立中正大學、國立臺中教育大學、嘉義大學、明道大學、中台科大、明台高中、水土保持局、農糧署中區分署、台中區農業改良場、台中市政府農業局、宜蘭縣政府、壯圍鄉農會產銷班、新社農會等國內外專家學者、環境教育及各界民眾參訪土壤陳列館，共 46 場次 1,200 人次以上。

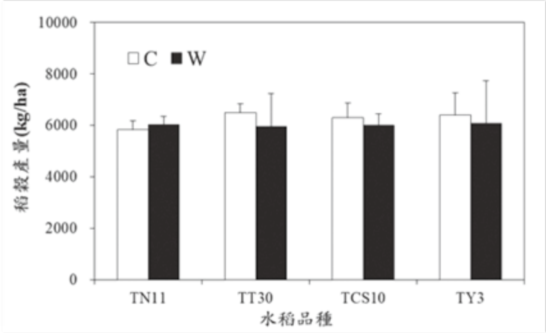


圖 5-3 水分管理對不同水稻品種稻穀產量的影響(C：控制組，W：湛水管理)

表 5-1 不同農藝管理對糙米鎘累積之影響

種植時間	2016 第一期作	2016 第二期作	2017 第一期作
水稻品種	桃園 3 號	台東 30 號	台東 30 號
農藝管理	L	L+C	L+C+W
	------------------ 糙米鎘濃度 (mg kg^{-1}) ------------------		
試驗田-A	1.89	0.64	0.24
試驗田-B	1.49	0.55	0.31

L：施用石灰；C：栽種低鎘吸收品種；W：湛水管理。

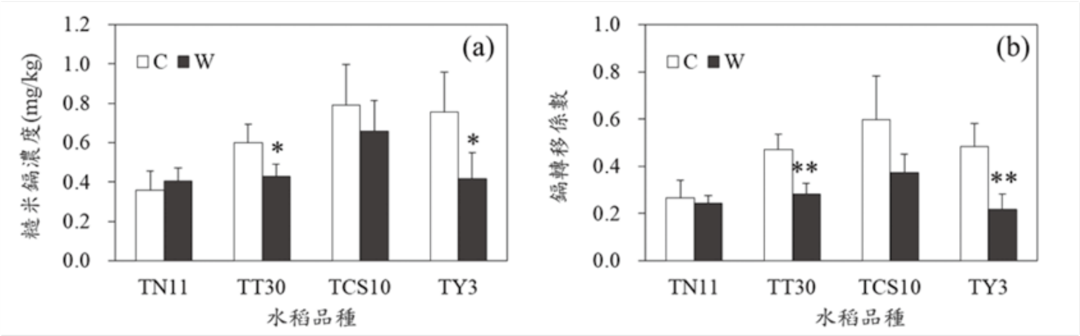


圖 5-4 水分管理對不同水稻品種糙米鎘濃度(a)及其轉移係數(b)的影響(C：控制組，W：湛水管理)。

化學分析與資訊服務

以同位素組成及微量元素特徵結合統計區分大蒜產地來源　因地理位置、氣候條件及土壤母質不同，不同產地植體之同位素組成及微量元素特徵互有差異。本研究以大蒜為例，分析阿根廷、中國大陸、越南、韓國及臺灣大蒜標本之 δ2H 及 δ18O 值及銣、鍶等 25 種微量元素濃度，進行產地區分。結果顯示，δ2H 及 δ18O 值能清楚區分出阿根廷 (南美洲) 及亞洲各國標本 (圖 5-5)。另以主成份分析亞洲標本顯示，臺灣分別能與中國、越南、韓國標本清楚區分 (圖 5-6)。

以同位素組成及有機成分指紋特徵結合統計區分茶油產地來源　為了區別茶油的原產地，保護農民與消費者的權益，促進台灣茶油產業發展。本篇研究以傅立葉轉換-紅外光譜儀 (FT-IR)、同位素比值型質譜儀 (IRMS) 和液相層析質譜儀 (LC-MS) 三種分析儀器，利用不同方法，改進現有的分析技術，廣泛收集茶油的指紋圖譜。並結合數據分析，希望發展出一套完整的國產與非國產茶油鑑定技術，實際運用於茶油產業。目前苦茶油近紅外光譜 (1,000–2,500 nm) 資訊蒐集已可得到穩定且具信賴度的光譜，波長 400–1,000 nm 也含有重要的光譜資訊，如增加該波段光譜將會使苦茶油高光譜資訊趨於完善。苦茶油近紅外光譜資訊結合類神經網路分析方法訓練出來之結果顯示，可以藉由苦茶油光譜資訊預測產地 (圖 5-7)。

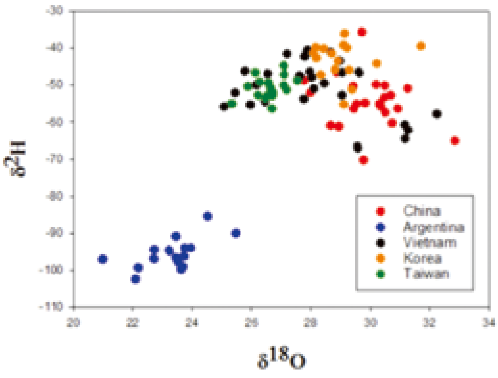


圖 5-5 由 δ 2H 與 δ 18O 之比較，可清楚區分阿根廷(南美洲)及亞洲各國之大蒜標本。

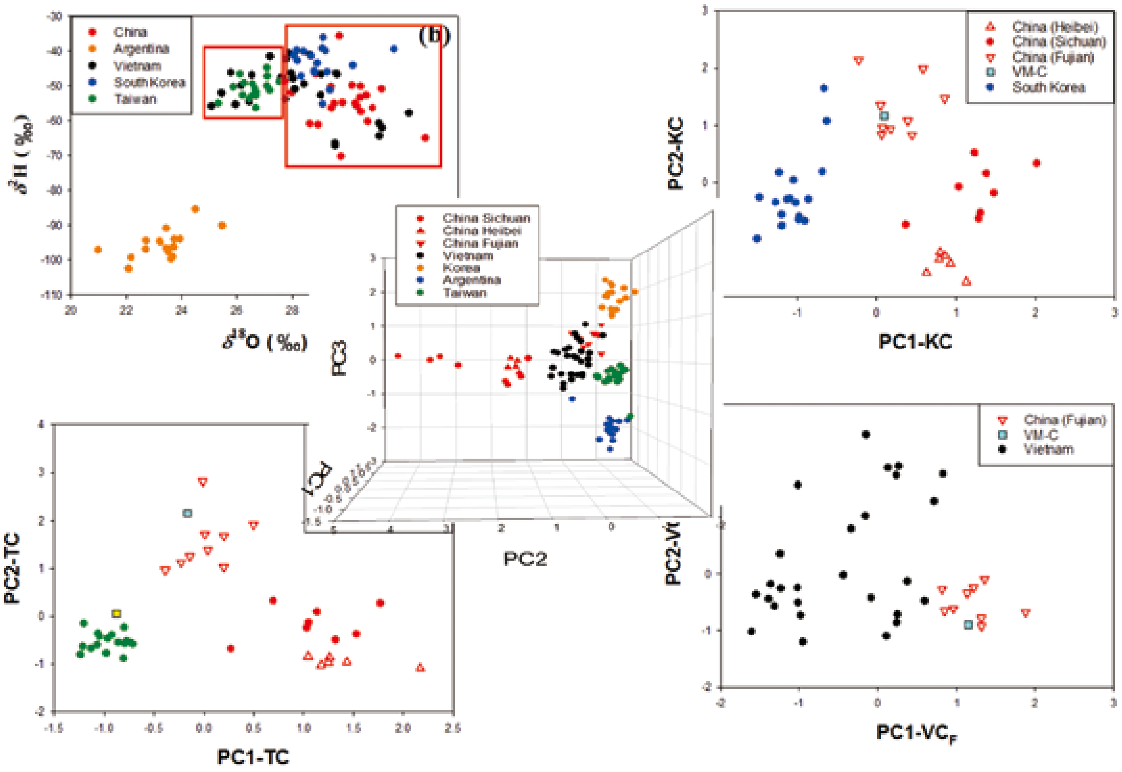


圖 5-6 以 PCA 分析能清楚區分臺灣與中國、越南、韓國大蒜之差異。

番石榴高光譜品質檢測技術開發　以拉丁方格法進行設計品評分析試驗，藉由多人的品質感受給予番石榴各項指標評分，且每一試驗皆有不同受試者相互確認資料，以確保資料的客觀性。此品評方法可將消費者感受量化轉換為分數，並可用以進行大量樣本間之品評作業，以產生大批量的品評結果，利用於深度學習之樣本訓練上。以番石榴物化分析結果與消費者品評分析進行資料分析，結果顯示，從各項品評指標之交互關係，可發現 25–40 歲之消費者對於番石榴的喜好取決於脆度。利用物化分析數據與消費者品評分析資訊進行品質預測模式建立，由 400–1,000 nm 高光譜資訊可準確檢測本工作所建立之各項番石榴品質指標 (甜度、酸度、脆度、澀度)，且模式之決定係數高達 0.98 以上 (圖 5-8)，表示本方法可應用於非破壞性番石榴品質檢測上，並可應用於調查各客群所喜歡之番石榴口感，未來可開發自動化篩檢客製化番石榴以滿足消費者需求。

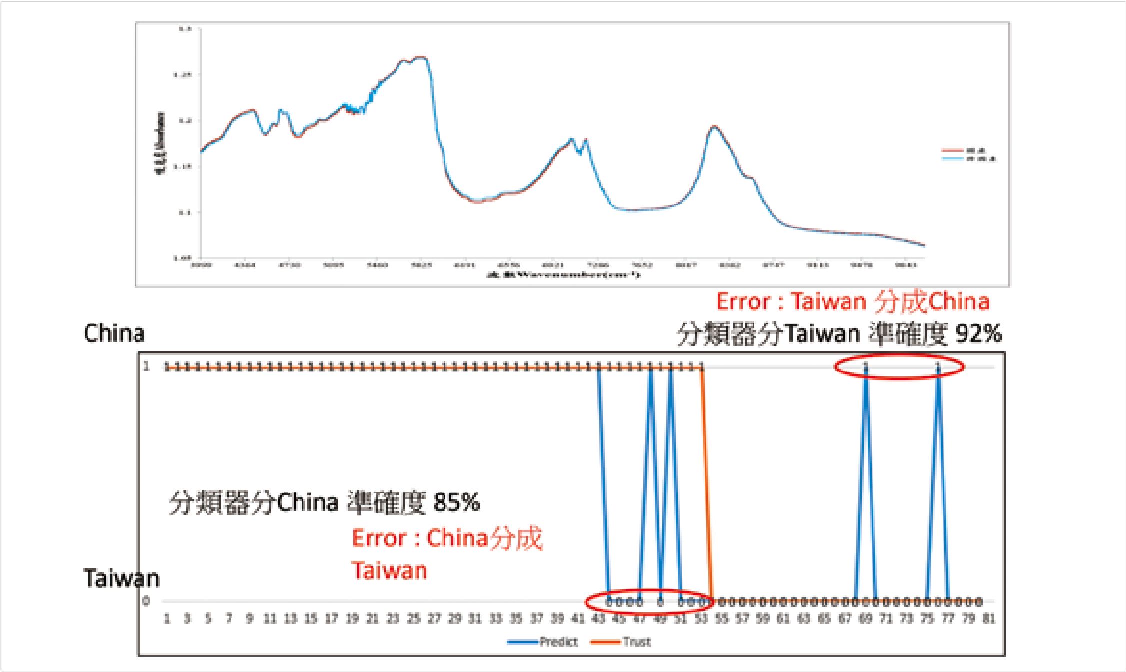


圖 5-7 有機成分指紋圖譜結合類神經網路分析區分產區。

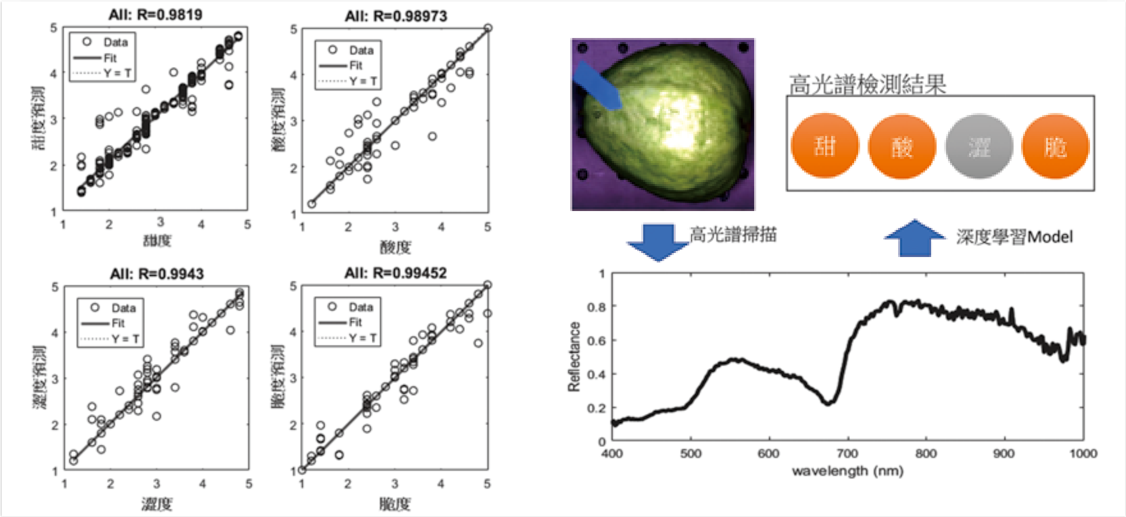


圖 5-8 高光譜資訊與 4 種番石榴品質指標(甜度、酸度、脆度、澀度)關係圖。

肥料查驗 106 年度肥料查驗總收件數為 903 件，其中重金屬不合格者有 29 件；主成分不合格者有 125 件；重金屬與主成分皆不合格者有 11 件；限制事項不合格者有 2 件，不合格肥料總數為 145 件， 不合格率為 16.1%。與 102 至 105 年度查驗結果相較，本年度不合格率明顯降低 (表 5-2)。106 年度肥料查驗之不合格肥料細目分析表列於表 5-3。

西南沿海地區作物中砷物種調查 為瞭解我國西南沿海地區作物砷物種濃度狀況，本研究調查該地區作物砷物種，建立基礎資料。首先參考國外文獻，建立作物砷物種濃度分析方法，以 0.28 M 硝酸 95℃ 加熱 90 分鐘進行砷物種萃取，萃取液以 0.45 µm 濾膜過濾後，以高效液相層析儀串連感應耦合電漿質譜儀分析砷物種濃度。使用之層析條件為：Hamilton PRP-X100 (250 × 4.1 mm, 10 µm) 管柱，流洗液為 20 mM $NH_4H_2PO_4$ (pH5.6)、流速 1.5 mL min^{-1}、進樣量 50 µL、分析時間 11 分鐘。本方法對 ERM BC-211、CRM7532a、SRM 1568b 等三種標準參考物質之無機砷、DMA 及 MMA 的回收率範圍分別為 91.6±4.7~103%、89.9~97.8±9.8 %及 112%。作物砷物種濃度調查結果 (表 5-4) 顯示，糙米中主要砷物種為 As (III)，其次為 DMA；葉菜類蔬菜砷物種以 As (III) 為主，As (V) 次之；果菜類蔬菜砷物種以 As(III)為主，As (V) 與 DMA 次之；花椰菜砷物種以 As (III)為主，DMA 次之。各類作物無機砷濃度平均值由高至低分別為：糙米-0.22 mg kg^{-1}；葉菜類-0.15 mg kg^{-1}；果菜類-0.05 mg kg^{-1}；花椰菜-0.02 mg kg^{-1}。以本計畫調查之糙米無機砷平均濃度，換算國人食用調查區所生產糙米之無機砷攝入風險佔 PTWI 的 35.2%。

表 5-2 近 5 年肥料查驗結果

年度	102	103	104	105	106
查驗件數	895	879	912	915	903
不合格件數	184	202	206	189	145
不合格率(%)	20.6	23	22.6	20.7	16.1

表 5-3 106 年度肥料查驗之不合格肥料細目分析表

項　目	件數	項　目	件數	項　目	件數
主要成分	125	有害成分	30	限制事項	2
全氮	32	砷	0	pH 值	2
全磷酐	18	鎘	4		
全氧化鉀	24	鉻	3		
全氧化鈣	1	銅	9		
全鋅	2	鎳	8		
全銅	2	鋅	11		
全硫	1	亞硝酸	1		
水溶性養分	63				
檸檬酸溶性養分	12				
檸檬酸銨溶性磷酐	2				
鹽酸溶性養分	6				
有機質	10				
硝酸態氮	1				
銨態氮	2				

表 5-4 各類作物樣品數與砷物種濃度

	n	As(III)	As(V)	DMA	MMA
糙米	24	0.21±0.07	0.01±0.02	0.03±0.04	0.01±0.03
葉菜類	61	0.10±0.24	0.05±0.08	0.002±0.005	0.005±0.006
果菜類	6	0.04±0.03	0.01±0.01	0.010±0.009	< 0.001
花椰菜	3	0.02±0.01	< 0.001	0.003±0.003	0.002±0.002

提升土壤葉片分析服務效益之調查研究與新修施肥手冊之推廣　搜尋果農土壤與葉片送件分析資料，針對異常事例，追蹤回訪並現地營養障礙診斷，鑑別營養障礙，推薦土壤管理與施肥技術改進方法。本年度針對中部地區洋桔梗進行追蹤與訪視，調查土壤高 pH、電導度值及交換性鈉洋桔梗之生育影響，相當比例土壤鈉含量超過 100 mg/kg，甚至數百至數千 mg/kg。電導度超過 1.0 dS/m，甚至高達 2.58 dS/m。資料庫統計各生產區域土壤 (表 5-5、表 5-6)，普遍土壤電導度土水比 1:5 偏高為 0.5 或 1.0 mS/cm 以上，而土壤交換性鈉含量極高超過 100 mg/kg 以上，甚至數百至數千 mg/kg。土壤交換性鈉含量雖高，但交換性鈉百分比 ESP (%) 大部分未超過 15。

現地觀察生育及訪談施肥管理，重新採樣分析土壤及灌溉水質，結果如下：土壤電導度偏高洋桔梗園較難管理，在生育失敗與品質較差區域，發現表土鹽份累積與電導度極高現象。新港鄉灌溉水高電導度僅為土壤高電導度值鹽分之部分來源，另應留意肥料之巨量施用，一年連作數次，肥料投入量相關可觀，且栽種於設施內，土壤鹽分不易受雨水淋洗。建議降低土壤施肥量，或調整施肥方式，推薦全面葉面施肥，土壤僅灌溉作水分管理。可確認土壤電導度 EC 低於 1.0 dS/m，生長正常無障害發生。初步擬定土壤電導度 EC 臨界值宜低於 1.0 dS/m。持續關注灌溉水品質與來源。

氣候變遷之作物反應評估與減排調適策略研擬　機制化之作物生長模式以數學模型描述作物對於環境變化的反應，是解析作物品種特性與環境變化的重要工具，本計畫導入美國農部開發之旱作模式，建置模式本土化參數並評估模式在台灣環境的模擬情形，以作為評估氣候變遷與研擬減排調適策略之工具。使用大豆模式 GLYCIM 針對台灣主要毛豆品種高雄 9 號與高雄 11 號進行模擬，結果顯示，GLYCIM 模式對於生育期、葉乾重之模擬結果良好葉面積之模擬則顯示營養生長期與生殖生長期前期模擬良好，R5 期 (種子成熟始期) 模式模擬之葉片萎凋速率有高估情形，全生育期之株高與莖乾重有高估情形，模擬之單株毛豆產量與實際產量接近 (圖 5-9)。使用玉米模式 MAZISIM 針對

表 5-5　各區域土壤樣本平均分析值

	分析件數	pH	電導度(1:5) dS/m	有效性氮	有效性磷	交換性鉀	交換性鈉	交換性鈣	交換性鎂
				mg/kg					
嘉義縣六腳鄉	4	7.76	1.01	87.0	106	148	412	2058	288
嘉義縣竹崎鄉	3	6.54	0.23	50.7	107	132	40.7	954	121
嘉義縣新港鄉	184	7.45	0.64	53.5	110	173	297	2145	286
雲林縣土庫鎮	9	7.68	0.39	43.9	38.0	91.7	41.8	2887	263
雲林縣元長鄉	27	7.63	0.51	58.1	52.8	93.2	115	2160	218
雲林縣北港鎮	5	7.50	0.25	53.0	42.3	115	50.0	1460	258
彰化縣	5	7.47	0.46	53.2	25.3	77.9	44.3	2077	184

表 5-6　雲林縣元長鄉、嘉義縣新港鄉與嘉義縣六腳鄉之土壤電導度、交換性鈉濃度以及 ESP 值

	平均值	標準差	最小值	最大值
	雲林縣元長鄉			
電導度(1:5) (dS/m)	0.508	0.524	0.108	2.37
交換性鈉 (mg/kg)	115	79.9	12.3	299
ESP (%)	4.20	3.70	0.90	17.9
	嘉義縣六腳鄉			
電導度(1:5) (dS/m)	1.01	0.699	0.236	1.85
交換性鈉 (mg/kg)	412	368	59.3	765
ESP (%)	9.91	6.21	3.28	15.4
	嘉義縣新港鄉			
電導度(1:5) (dS/m)	0.644	0.619	0.08	3.19
交換性鈉 (mg/kg)	297	399	8.03	2,834
ESP (%)	7.81	7.57	0.49	45.9

台灣主要飼料玉米與甜玉米進行模擬，結果顯示，MAIZSIM 模擬之葉齡與實際值符合，葉乾重與莖乾重與實際值符合，全株乾重有高估情形。由本試驗得知，兩模式在台灣環境下能夠準確描述生育時期發展，可提供做為產期預測與生產排程之工具。未來仍需持續進行相關研究，以校正模式中與產量構成要素相關之參數，而提供做為氣候變遷情境之決策支援工具。

土壤、灌溉水、有機質肥料、葉片營養檢測服務 為提供農民栽培環境監測與肥料合理化施用，以高性能儀器進行土壤、灌溉水、自製有機質肥料、及葉片營養診斷分析服務，結合各區改良場形成「作物需肥診斷體系」。分析樣本除農民自送外，亦有農會、產銷班、有機農場、外銷農場等聯合送樣委託分析。本年度共分析土壤 2,490 件、植體 19 件、水樣 732 件、固體有機質肥料 61 件、有機液肥 71 件、栽培介質 37 件，產出診斷報告 2,385 份，提供農民樣本分析值、適宜範圍以及管理建議，針對特殊案件進行追蹤與輔導，並針對區域特色作物，彙整歷年土壤分析結果，提出區域管理建議。

有機質肥料成分與肥料作物毒害試驗探討 106 年度申請肥料作物毒害試驗之肥料共 13 件，包含 1 件副產氮質肥料 (品目編號 1-17)、4 件雜項堆肥 (品目編號 5-11)、2 件雜項有機質肥料 (品目編號 5-13)、4 件溶磷菌肥料(品目編號 8-03)、1 件溶鉀菌肥料 (品目編號 8-04)、1 件其他肥料類 (品目編號 9-01)。本研究以上述 13 個供試肥料，進行成分分析 (表 5-7) 及肥料作物毒害試驗案例探討，試驗結果顯示 13 個供試肥料皆對作物無毒害性 (表 5-8)，4 件微生物肥料之要素含量高 (表 5-7)，所稱肥效究係來自微生物作用或為三要素之效果，值得持續觀察。

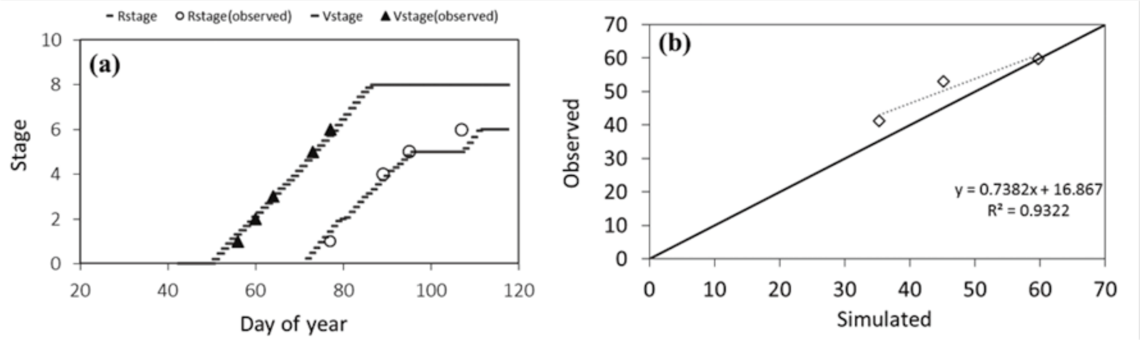


圖 5-9 GLYCIM 模式對高雄 9 號之模擬結果與實際調查結果，(a)生育時期、(b)模擬與實際調查之單株產量。

表 5-7 供試肥料的基本性質

編號	品目編號	全碳	全氮	全磷酐	全氧化鉀	碳氮比
		----------	%	----------		
1	5-13	42.15	4.83	2.87	2.79	8.72
2	5-13	33.29	4.43	2.99	2.27	7.51
3	9-01	41.06	0.06	0.02	0.01	-z
4	5-11	36.33	4.09	1.10	1.17	8.89
5	8-03	44.40	4.89	2.21	1.45	-
6	8-03	38.10	3.44	2.62	1.51	-
7	8-03	-	2.56	2.39	2.06	-
8	5-11	38.32	2.96	2.77	1.02	12.93
9	5-11	30.76	1.94	2.79	0.63	15.88
10	8-03	2.47	0.07	0.00	0.00	-
11	8-04	-	2.02	2.07	3.15	-
12	1-17	44.77	16.68	ND	0.01	2.68
13	5-11	32.77	2.12	1.93	0.67	15.49

z 品目非屬有機質肥料類，不另外計算碳氮比。

表 5-8 供試及對照肥料各處理量下之植體平均鮮重及毒害性判定

試驗處理 [y]	T1	T2	T3	T4	S1	S2	S3	S4	B	毒害性判定
1	28.00	23.20	23.80	21.22	20.62	19.40	20.13	26.44	22.03	無
2	25.39	27.53	24.41	21.39	27.40	26.19	25.66	22.14	21.96	無
3	34.08	34.50	35.89	33.99	34.48	-z	-	-	30.46	無
4	24.10	25.15	26.55	27.95	26.12	28.63	28.13	26.46	22.23	無
5	24.38	26.51	24.48	20.60	26.84	28.64	28.56	26.42	24.08	無
6	26.06	27.47	28.03	29.12	26.84	28.64	28.56	25.70	24.08	無
7	31.11	20.35	9.18	4.07	28.78	29.69	32.47	32.78	22.54	無
8	23.95	24.88	26.60	31.54	23.82	30.01	30.17	30.64	20.63	無
9	21.13	21.30	19.97	16.87	21.50	24.27	27.63	25.97	20.67	無
10	17.63	18.47	18.83	18.93	16.87	16.30	16.63	19.00	21.33	無
11	22.23	23.66	24.10	25.71	21.78	21.40	25.58	21.10	19.14	無
12	24.94	18.89	14.41	11.34	17.28	6.74	6.21	4.75	18.51	無
13	11.18	13.47	13.22	12.18	12.59	15.19	17.41	19.02	9.48	無

[y] T 係指供試肥料，S 係指對照肥料，B 係指標準肥料，1、2、3、4 分別代表標準用量、2 倍量、3 倍量、4 倍量。對照肥料係選自在原料、生產過程及保證成分與供試肥料類似，並已取得肥料登記證或經作物毒害試驗證明無害者。

土壤管理與作物營養肥培

地理資訊及作物生長模式應用於甘藷與食用玉米適地適栽及周年生產模式之建立　利用地理資訊系統中的土壤管理組別規劃適栽區域，以排水優良之土壤管理組別或是外部排水良好之台地，劃為雨季甘藷適栽區域；以排水優良或是排水不完全之土壤管理組別，劃為旱季甘藷適栽區域。淺層土壤，非處於水源充足灌溉便利之地區，排除在適栽區域範圍內。引進作物模式 WOFOST 及 DSSAT 進行臺灣地區甘藷、玉米栽培之本土化適用性評估。利用秋、春作收集的田間資料，進行秋作甘藷 WOFOST 模擬，初步顯示各生育時期甘藷塊根實際乾重與模式模擬之趨勢相符，然而兩者之相關性不如理想。甜玉米 DSSAT 之模擬顯示，北港地區秋作單位面積產量模擬與實際值落差極大，然而單株取樣調查數據趨勢卻落差較小。

柑橘果實發育期旱澇災害產區之防範　於臺中豐原 1 個果園、臺南東山 2 個果園進行試驗。豐原區防災管理試驗之開花枝平均超過 80%以上，是否影響來年綠枝群數量，仍待進一步調查。農民慣用方式管理之植株，有葉單花枝比率及著果率均較防災管理試驗處理之植株為佳。臺南東山供試果園之可採收果實重量及大小果比例則隨試驗果園而有差異；增加施肥以及施肥與補充灌溉配套者，果實有增大之趨勢，惟產期可能延後。東山供試果園之果實品質，以施肥配合補充灌溉處理之可溶性固形物顯著較其他處理及對照者高，然可滴定酸是否同步增高，則未有一致性。豐原試驗果園中，接種菌根菌明顯降低果園土壤中的線蟲數。於溫室盆栽試驗顯示，柑橘砧木(廣東檸檬)接種叢枝菌根菌(Sclerocystis sinuosa)，在乾旱處理期間，比較未接種之植株，可增加水分吸收量、根乾重以及植株總乾重。

空中施肥(藥)機應用與病蟲害監測預警系統提升農業水土資源整合應用　無人飛行載具(UAV)空中噴施農藥技術進行施藥效能及飛行路徑等性能測試。車載噴藥系統結合 GPS/LoRa 模組於主控系統，達到田間作業管理圖化功能。以 FLIR E6 型之紅外線熱像儀，對檬果壯鋏普癭蚋之危害進行研究，拍照距離 3 公尺的葉片，同一葉片受此蟲害蟲危害部位與未受害部位之溫度差異達 0.5–0.9℃，顯示紅外線熱像儀具有監測的田間應用潛力。溫室卓安南芒果全年水分控管模式結果顯示，灌溉起始點以 40KPa 為最佳。荔枝不同生殖發育階段進行灌水及施肥處理結果顯示，在荔枝不同生育階段進行灌水及施肥處理不會改變生理落果發生的時期，但會影響落果率及果實重量；花芽分化期灌水有助於降低果時發育早期的生理落果及晚期的裂果。以近十年農產品批發市場交易行情資料與氣象局雨量資料進行分析顯示，1 月份的降雨量與玉荷包荔枝以及黑葉荔枝的產量有較高的相關性。椪柑園補充灌溉使單果重及果汁率增加且可減少級外品產出比率，並降低果汁中的酸含量，增加適口性。檢討 104 至 106 年之試驗數據，顯示

春旱、夏季缺水以及秋冬枯旱皆有可能成為常態，無穩定灌溉水源之果樹栽培，宜選擇土層深厚地區，降低植栽密度以因應缺水。救旱灌溉以 2–3 月花期為考量，每日 0.5 mm、30 天救旱用水計 15 mm；每公頃 150 公噸；1 次或分 2 次、於夜間樹冠下施灌。

非營農型光電綠能設施農地整合復育與環境生態影響評估 於林邊鄉鎮林段太陽光電場進行微氣象條件、土壤品質與土壤生物多樣性的調查。光電板架設高度為 3 公尺，在光電板下方光量子 (PAR, µmols /m-2/s) 於 8 月份期間最高量測值為 105µmols /m-2/s。案場雨季湛水頻繁；旱季則有超過 110 天的連續無雨的天氣，篩選適當的植被植物引入有其困難度。在建置 5 年的鎮林段案場之光電板遮蔭下的土壤，表土有機質含量僅有 0.4 %，顯然偏低。光電板遮蔭下的土壤 DNA 抽取量極少，平盤塗佈法也確認土壤微生物數量稀少；草相調查顯示雜草覆蓋率低，惟種類仍有十數種之多；停止刈草 1 個月與業者常規管理 (14 天刈草 1 次) 比較，雜草覆蓋率分別為 65.02%與 29.54%；雜草種類分別為 22 與 14 種。基於土壤有機質含量降低的顧慮，案場光電板架設需要有足夠的高度以及正確的植被管理。土壤節肢動物之調查顯示，光電板遮蔭下土壤節肢動物的數量不多，或許是與本區排水不良、湛水頻繁有關；土壤線蟲相調查也有相同的結果，案場土樣中的線蟲數量稀少。污染農地於不同遮陰條件下植生復育之可行性評估研究；已完成未遮陰區之孔雀草、太陽麻、美女櫻、地毯草及現地雜草採收 2 次，腎蕨、向日葵、青皮豆採收 1 次；遮陰處理區已完成孔雀草、太陽麻、美女櫻、地毯草、腎蕨及現地雜草採收 1 次。資料顯示孔雀草具有同時移除銅、鋅、鎳等重金屬之能力。

設施內蘆筍土壤栽培周年生產模式之研發 (一)農友蘆筍園生育性狀及產量品質之調查：(1)南投竹山鎮賴鴻澤農友之設施溫室綠蘆筍園，於設施內土耕，行距大幅增加 (270 公分行距，與傳統 120 公分行距有大差別)，單行操作，株距 30 公分，栽培方式採用建議之土壤濕式管理，鉀氮比適時調整。種植 6 個月後，生育正常，苗株莖桿硬實，葉片堅挺，與傳統蘆筍苗園大有區別 (產量每分地每天約採收 8–10 公斤)。惟後來因賴農友有其他考量將蘆筍園廢耕，殊為可惜。(2)南投國姓鄉林澤民農友設施溫室內高床土耕綠蘆筍，約栽培 2 年，蘆筍產量始終無法提升 (每分地每天約只採收 2–3 公斤)，探究其原因有營養枝條始終無法完整建成、由於密植且走道窄，造成植株未成熟即老化，已建議減少營養枝條 (減少遮陰)，以增加光合作用空間。(二) 本所設施溫室土耕蘆筍栽培園之建置本所蘆筍設施土耕溫室於 1 月底完工，共設 8 個高栽植床 (約 40 公分高床，畦面約 120 公分寬)，並於 2 月中旬定植蘆筍苗 (1–4 床定植單排蘆筍苗，株距 30 公分，5–8 床 定植雙排蘆筍苗，株距 30 公分)，水分採土壤濕式管理 (每個植床 4 條滴帶，確保水分 充分供應)，肥料施用依土壤肥力高低、氣候條件及蘆筍生育狀況調整，每株留 1–2 個枝條當營養枝，現已成園，約生長 9 個月，植株約 100–140 公分高。

設施網室內番石榴栽培體系之建置與示範推廣 本所 69 號田番石榴設施網室 (24 目防蟲網)及鍍管支架於去年 (105 年) 1 月底之超級寒流及 9 月份 2 個中強及颱風侵襲下，發揮了極大的效益。不但網室沒受損，番石榴葉片黃化及枝條的折損輕微。而土壤水分與養分管理則導入溼式管理及隨番石榴生育特性及氣候條件調整之動態性養分管理(含葉面施肥)，使 105 年 8 月番石榴果實品質(質地較密實，糖度 13°Brix 以上)，除因網室內高溫通風不佳，導致果實成熟過快脆度不足外，仍較傳統慣行農法果實品質 (質地較鬆軟，10°Brix 左右) 好。本 (106) 年度針對 105 年設施網室番石榴生產時發生之缺點(夏季生產，設施網室內因高溫通風不良，致果實成熟過快而脆度不足)進行改良，於網室四周加裝自動捲揚，於高溫期捲網，增進通風降低網室內溫度。土壤水分及養分管理與病蟲害管理，仍依循 105 年之管理方式。結果顯示，設施網室於開花期及高溫期捲網，不但可增加蜜蜂授粉率，不需要再買蜂授粉，生產成本降低，且改善設施網室內番石榴果實因氣溫過高及通風不良而致脆度不足問題。

合理化施肥 積極推動合理化施肥政策宣導，以減施化學肥料，維護生產環境，促進農業永續發展：(1) 合理化施肥農民與農會基層推廣人員宣導講習方面，辦理合理化施肥宣導、座談及講習會計 108 場次。另透過媒體專訪及電視台報導部分計 2 則，並登載於期刊等農業相關雜誌部份計 10 篇，擴大合理化施肥宣導層面。(2) 土壤肥力檢測與作物需肥診斷服務共計 7,882 件。(3) 本年度共輔導 15 處合理化施肥示範農場，並辦理田間觀摩會。合理化施肥示範農戶所減施之化學肥料比率介於 15–30%之間，其中以雜糧及水稻之降幅最為顯著，平均每公頃示範農田可節省成本約 3,000 元。(4) 提昇作物需肥診斷分析品質：進行計 40 人次

之分析人員訓練與校核樣品分析比對機制。(5) 辦理土壤肥料檢驗能力比對，共 30 項檢驗能力試驗。比對範圍包括試驗改良場所、大學相關系所及農委會指定之肥料檢驗機構。(6) 叢枝菌根菌在蔬果類作物生長效益之評估，並探討接種叢枝菌根菌之作物氮肥與磷肥合理的施用量。(7) 辦理非市售商品化協同固氮菌微生物肥料對大豆生長效益之示範推廣計 83 個田區，面積 18.079 公頃，有效增進大豆生長，大豆產量平均增加 15%。

濱海地區水旱作新耕作系統研究 濱海地區新耕作制度的擬定以考慮生產持續性和增加農民的收益為主，同時需兼顧農田生態環境維護，方可達永續農業的發展。過去調查資料與作物生長模式的模擬的結果顯示，稻田轉作為區域性種植的雜糧作物，侷限於氣候因素，西部地區彰化以北的農田區，一年僅能有兩作，遑論自然資源更缺乏和耕作環境不佳的濱海農田區。本年度針對濱海地區設計新耕作系統，選定彰化大城與和美試區，以當地的自然資源進行有別傳統作物制度的試驗，參入機械度高和具外銷潛力及重點發展的作物種植，和美地區全年作物為晚一期水稻-大豆 (黑豆)-食用玉米與大城地區全年作物為毛豆-早二期水稻-小麥三季栽培。本年度計畫完成兩試區作物的種植，及作物生育及產量的調查與土壤與植體氮的量測，結果顯示，(1) 當大城試區前作種植冬季綠肥作物時，能增加後作春作毛豆的氮平衡量，化學肥料施用可減施至 20 kg N/ha 以下，仍可達相當的產量水準。(2) 和美試區雖然水稻於晚一期間插秧 (約晚 30 天)，產量也能達正常水準，但氮平衡量也都為負值並無額外有氮的來源，顯見晚一期作並非是該地區最佳的作物制度，為未來作物制度設計需再進一步研究，尋找更佳的作物制度。

胡麻栽培之養分施用量與落葉劑之殘留檢測研究 為了探求胡麻栽種區及建立適栽區土壤養分供應、胡麻的養分吸收、生育特性、產量及其構成與施肥量的關係，及需通過不同肥料配合施用，以選擇最佳的肥料配方，為胡麻專業區的規劃提供最優施肥方式的理論依據。本年度藉由田間試驗，氮肥為定量，不同鉀肥量的配施處理及落葉劑氯酸鈉處理對胡麻籽粒、莖、葉片、蒴果和根系氮養分的吸收狀況及產量構成的影響。結果顯示，在試驗地的土壤肥力條件下，不同氮鉀配施比例下，胡麻蒴果期時蒴果數無明顯的差異，但因本年度春作成熟期間遭受兩波暴雨侵襲，胡麻生育不良，從外觀型態可觀測到氮鉀配施比例小的小區，受影響程度較小。鉀肥施用 45 kg K_2O/ha，N/K_2O 比率約 1.5 加後期噴施氯酸鈉有助於胡麻成熟期時，有效促進氮的吸收與分配，進而增加胡麻籽實的產量，適當的氮鉀肥配施可強化落葉劑的效果，使籽實不再繼續累積氮，完成階段性的生育期。對於胡麻專業區台南西港區、安定區及善化區，以土壤酸鹼性、排水良否及質地進行適栽區及地力增進的地區評估。另，田間試驗土壤種植對氯離子敏感的作物大豆進行盆栽試驗，結果顯示，下個期作大豆的發芽無明顯的影響。

包覆及液體肥料研究 本計畫目的在研製適合黑芥藍菜生長之包覆型肥料以及液體肥料，並比較不同肥培管理下之產量。評估並選取適宜的包覆材料，以離心包覆機研製適合芥藍菜生長之包覆型肥料。肥料養分釋出試驗包括水浸提法與土柱淋溶法。(1) 水浸提法：(CNS 肥料檢驗法-裹覆肥料溶出率之測定) 稱取肥料 12.5 g 置於 300ml 錐形瓶內，加入 250 c.c.水，放在 30℃ 恆溫器中，進行浸提試驗。計算其初期溶出率和微分溶出率。(2) 土柱淋溶法：在底部有孔洞之壓克力圓筒中，加入 15 g 風乾之土壤，加入 1 g 供試肥料，再加入 10 g 風乾之土壤，加少量水使土壤水分達到飽和。每日加 50 ml 去離子水淋洗土柱，測定濾液中總氮含量，換算出總氮溶出率和平均值，直至肥料溶出率達到 80%。試驗結果顯示研製之包覆肥料符合肥料品目中裏覆肥料之規範。盆栽試驗：採取霧峰區農業試驗所土壤，在溫室比較不同肥培之盆栽試驗，分為不施肥料對照區、化學肥料區、包覆肥料區、市售包覆肥料區與液體肥料施肥區。試驗結果顯示芥藍菜之鮮重在對照區、化學肥料區、包覆肥料施肥區與液體肥料施肥區分別為 34.6 公克、85.4 公克、104.7 公克、103.2 公克、123.1 公克。即初製包覆肥料和市售包覆肥料之肥培方式較化學肥料在減少 4 次施用肥料的管理下，黑芥藍菜之鮮重優於傳統化學肥料之管理。而葉面肥培管理，芥藍菜之鮮重最優。

應用微生物

生物性肥料肥 (功) 效評估及驗證 國內目前微生物肥料登記時得免附肥料效果試驗報告，且無定量的活性指標規範，使微生物肥料商品在田間施用時，常出現有效與無效兩極化之反應，使得農民對微生物肥料缺乏信心。本計畫擬探討微生物肥料定量的活性指標與肥(功)效評估方法，提供農糧

署未來修法之參考，並建立微生物肥料與化學肥料或有機質肥料等整合性施肥方法，提供農民微生物肥料使用參考。106 年成果如下：(1) 蒐集中國、越南、菲律賓、泰國、印尼、日本、美國及加拿大溶磷菌肥料之法規，而中國與印度有較詳細的規範，可做為農糧署未來法規修正之參考。(2) 檢測市售溶磷菌肥料產品目標菌株之溶磷酸鈣活性與溶磷酸鐵活性，結果顯示目標菌株之溶磷活性與百日草生長效益無顯著相關。(3) 測試 14 個溶磷菌肥料產品在酸性與鹼性土壤中對百日草生長之肥(功)效，建立溶磷菌肥料肥 (功) 效盆栽評估方法。(4) 建立溶磷菌肥料產品之田間肥 (功) 效驗證方法：選擇 4 個溶磷菌肥料產品，各在 12 個試驗點進行田間肥(功)效測試，結果顯示，4 個溶磷菌肥料產品對青割玉米、草莓、青花菜與茄子產量無顯著效益，有 1 個溶磷菌肥料產品在台東地區中磷與低磷土壤中可顯著增加小米產量，有 1 個溶磷菌肥料產品可顯著提升茶葉製茶品質。(5) 完成茶樹、水芋、青花菜、洋香瓜、紅豆與小米等 6 種作物之溶磷菌肥料與化學肥料或有機質肥料之整合性施肥方法。

有機蔬果集團化栽培模式之建立　台灣目前有機栽培面積有 6 千多公頃，每年生產的有機作物產品僅可供應少數人食用。有機田區存在鄰田污染風險，栽培農戶規模過小，鄰田污染風險高。本計劃擬建立有機蔬果集團化栽培模式，擴大有機蔬果栽培面積。106 年在台糖公司高雄燕巢有機農園設立有機蔬菜生產示範園，該園區土壤質地為坋質粘壤土，土壤粘重，表土土層淺 (厚度 12–18 cm)，土壤壓實，不利作物生長。農試所以育苗移植取代蔬菜種子機械直播，並改良土壤與調控土壤養分，加速蔬菜生長，縮短蔬菜在田間生長時間，提高蔬菜對雜草之生長競爭優勢，並增加網室利用率。透過農試所技術導入，可使作物產量增加為 1.3–2.4 倍，且從蔬菜苗移植田間到採收期間無須人工除草，節省人力。以育苗移植栽培方式，網室一年約可進行 12 期作，以機械直播種子栽培方式，網室一年約可進行 8 期作，育苗移植栽培方式對網室的利用率為台糖公司慣行法的 1.5 倍。107 年將從育苗、移植到採收皆標準化，並導入機械化與數位化，協助台糖公司建立有機農園葉菜類作物生產專區，做為後續有機栽培推廣之參考。

農作副產物循環資源產業化發展策略　我國每年約產生 460–519 萬公噸農業剩餘資材，其中農作副產物約佔 48%，稻草、稻殼、食品加工廢棄物及果菜殘渣為主要的副產物。過去對其數量、產業應用現　況及遭遇問題缺乏整體了解，致使資源循環產業無法成功推動；本研究收集全球農作副產物資源循環產業發展現況、分析我國稻草與稻殼、食品加工廢棄物及果菜殘渣等資源循環技術研發及產業概況，提供農業資源循環產業化發展策略。綜觀國內外農作副產物循環資源產業發展現況，循環農業為注重自然生態永續及經濟發展的農業，其產生效益涵蓋環境面、社會面及經濟面等層面，為我國農業重要政策發展重點；循環農業不只僅在於資源再利用，應建構農林漁牧產業鏈結之循環綜合利用模式，將農作副產物轉化成肥料、飼料、能源及生物材料等產品；推動農作副產物循環資源產業化發展，可選擇具發展潛力的產業進行，並針對遭遇的問題及技術缺口提出解決措施，短期以發展技術門檻較低的產業為主，如沼氣發電；中長期則應發展附加價值較高的產業。

稻草應用於替代蛋白質飼料－碳源前處理技術之研究　本研究應用高溫高壓蒸氣解聚技術破壞稻草木質纖維素緊密結構，解決目前稻草利用做為動物飼料的主要瓶頸，探討不同預浸前處理溶液較適的種類與濃度、較適的解聚壓力及其持續反應時間，並以纖維分解酵素檢測前處理後水解產出還原糖的含量，選擇較適反應條件，期能提高稻草可溶性碳水化合物含量，進而提升蛋白質含量，以替代部份進口飼料。試驗結果顯示：稻草分別以去離子水、5%硫酸銨及 1%硫酸預浸處理後，其半纖維素含量皆較預處理前明顯減少，以 1%硫酸預浸處理最為明顯；而 0.25%硫酸為較適濃度，13 $kg\ cm^{-2}$ 為較適解聚壓力，於此反應條件下，經酶解反應產生還原糖含量比以去離水預浸處理增加約 35.5%，更比未以任何處理之稻草增加 189.5%；於此硫酸濃度及解聚壓力，增加解聚壓力持續反應時間，會致使中洗纖維與酸洗纖維含量增加而降低飼料品質。

農業環境保護

資訊與通訊科技 (ICT) 應用於地下水補助估算　為探討不同作物系統對地下水的補助功能，本研究自 2008 年開始於台灣農業長期生態研究站進行田間滲漏水相關的監測，使用滲漏計(Lysimeter)量測滲漏水的方式如 (圖 5-10) 所示。監測初期仰賴人工至現場擷取滲漏計量測之資料，但人工擷取資料成本高昂、即時監控性差、不

利於設備養護。自 2008-2017 年，本研究共使用了四代的資訊與通訊科技 (ICT) 設備 (表 5-9) 分別使用了 WiFi、2.5G (GPRS)、3G/4G 網路傳輸及最新自行開發的 Arduino 核心資料收集傳輸設備 (圖 5-11)。Arduino 是一個開放原始碼(Open Source)微控制器，自行開發資料收集器 (data logger)與無線傳輸控制器的門檻較低，並結合射頻 (Radio Frequency) 2.4GHz 無線傳輸技術，可以容易的將同一地區所有滲漏計感測器自組成一個無線區域網路傳輸系統，只需一個資料收集器 (data logger) 即可接收全部的滲漏計感測器資料，再透過一組行動通訊 4G 網路傳輸模組傳送回終端資料庫內儲存。以 Arduino 為核心之自行開發 ICT 設備，具有高度開發自由度、成本低、維護相對容易、可擴充性提高等優點，可應用於其他環境資料之收集。

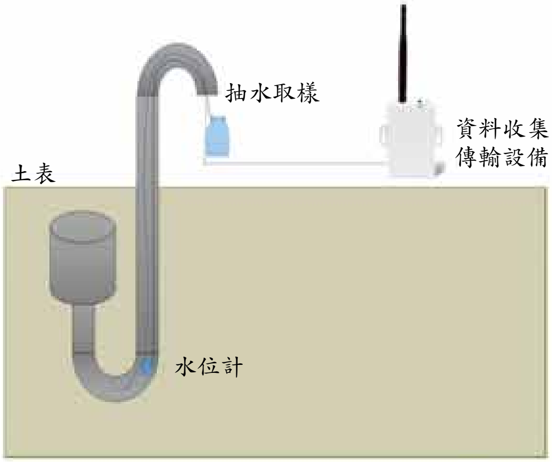
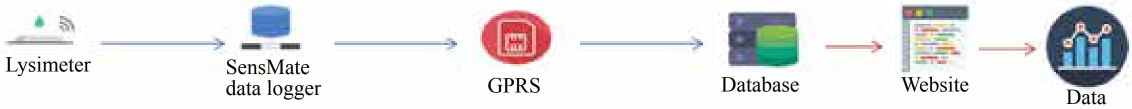


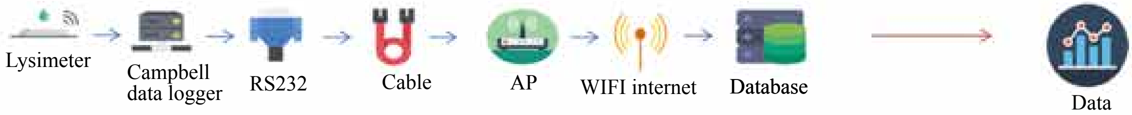
圖 5-10 滲漏計 (Lysimeter) 量測滲漏水示意圖。

表 5-9 四代 ICT 設備比較表

	第一代	第二代	第三代	第四代
Data logger	原廠生產	國內廠商研發	國內廠商研發	Arduino 核心
網路傳輸方式	WiFi	2.5G(GPRS)	3G / 4G	4G/RF
擴充性	低	中	中	高
耗電量	高	中	中	低
成本	高	高	高	低



(a) 第一代 ICT 設備資料傳輸



(b) 第二代 ICT 設備資料傳輸

(c) 第三代 ICT 設備資料傳輸

(d) 第四代 ICT 設備資料傳輸

圖 5-11 四個世代 ICT 設備資料傳輸流程示意圖。

畜牧場沼液沼渣病源菌調查 依據 104 年修正發布「水污染防治措施及檢測申報管理辦法」，可申請厭氧發酵後之沼液或沼渣施用於農地，然沼渣沼液中所含之病源菌為施用安全疑慮之一。本研究針對 7 間畜牧場厭氧發酵槽，採集不同厭氧發酵時間上層沼液、部分畜牧場亦採集下層沼渣，進行病源菌檢測，並於水林地區調查三種沼渣沼液施用後對病源菌在土壤中之變化。試驗結果如表 5-10 顯示，無論是養牛沼液及養豬沼渣沼液，均未檢測出金黃葡萄球菌。大多數養豬沼渣沼液未經厭氧發酵時，其大腸桿菌群數量大於 1100 MPN/g、生菌數介於 $1.5*10^5$–$8.2*10^5$ CFU/g 之間，在經過不同厭氧發酵天數後，其大腸桿菌群及生菌數數量會有大幅下降之趨勢 (其中大腸桿菌群數量可符合美國堆肥標準法規)。除高床式畜舍的沼液未測得大腸桿菌外，其於無論沼液或沼渣即使發酵 20 天仍測得大腸桿菌，但經發酵 28 天之高床式畜舍沼渣則未測得大腸桿菌。沙門氏菌亦僅在高床式養豬沼渣沼液中未檢測出，表示高床式畜舍可維持較佳的衛生環境，可減少沙門氏菌感染危害。表 5-11 結果顯示沼渣沼液施用至土壤 10 天後大腸桿菌群數量會有減少之趨勢，且並未檢出沙門氏菌、金黃葡萄球菌、大腸桿菌等，顯示施用沼肥於農地對於病源菌擴散的風險低，然施用沼渣者其土壤大腸桿菌群數量仍高於對照組，故建議沼渣沼液施用於栽培蔬菜者，不宜提供作為生菜食用。

表 5-10 沼渣沼液病源菌檢測結果

畜牧場	沼渣/沼液	厭氧發酵天數 (day)	大腸桿菌	大腸桿菌群 MPN/g	金黃葡萄球菌	沙門氏菌	生菌數 CFU/g
畜 OO	沖水式-牛沼液	0	＋(*)	240	－(*)	－	$5.7*10^5$
	沖水示-牛沼液	20	＋	9.2	－	－	$3.4*10^5$
畜 OO	沖水式-豬沼液	0	＋	>1100	－	＋	$2.6*10^5$
	沖水式-豬沼液	5	＋	>1100	－	＋	$2.7*10^5$
	沖水式-豬沼液	10	＋	430	－	＋	$1.6*10^5$
	沖水式-豬沼液	15	＋	93	－	＋	$1.5*10^5$
三 O	沖水式-豬沼液	0	＋	>1100	－	＋	$4.9*10^5$
	沖水式-豬沼液	20	＋	23	－	＋	$5.3*10^4$
里 O	沖水式-豬沼液	0	＋	>1100	－	＋	$7.8*10^4$
	沖水式-豬沼液	5	＋	43	－	＋	$4.0*10^4$
種 O	沖水式-豬沼液	0	＋	>1100	－	+	$3.4*10^5$
	沖水式-豬沼液	10	＋	93	－	+	$1.5*10^5$
弘 O	沖水式-豬沼液	0	＋	>1100	－	＋	$8.2*10^5$
	沖水式-豬沼液	10	＋	43	－	＋	$1.8*10^5$
峰 O	高床式-豬沼液	0	－	>1100	－	－	$1.7*10^5$
	高床式-豬沼液	7	－	<3	－	－	$4*10^4$
	高床式-豬沼液	14	－	<3	－	－	$2.8*10^4$
	高床式-豬沼液	28	－	<3	－	－	$3*10^4$
峰 O	高床式-豬沼渣	0	＋	1100	－	－	$4.1*10^5$
	高床式-豬沼渣	7	＋	9.2	－	－	$2.8*10^4$
	高床式-豬沼渣	14	＋	3.6	－	－	$6.9*10^4$
	高床式-豬沼渣	28	－	<3	－	－	$3.4*10^4$
畜 OO	沖水式-豬沼渣	0	＋	1100	－	＋	$2.1*10^5$
中 O	沖水式-豬沼渣	0	＋	93	－	＋	$3.0*10^4$
	沖水式-豬沼渣	6	＋	460	－	＋	$1.6*10^5$
	沖水式-豬沼渣	12	＋	3.6	－	＋	$3.5*10^4$
	*美國堆肥標準			<1000	無限制	X	無限制

*＋陽性 －陰性。

表 5-11 沼渣沼液及施用土壤後病源菌檢測結果

樣本	大腸桿菌	大腸桿菌群 (MPN/g)	沙門氏菌	金黃葡萄球菌	生菌數 (CFU/g)
牛沼液	＋(*)	>1100	＋	－(*)	3.4×10^{6}
豬沼渣	＋	>1100	＋	－	9.2×10^{7}
豬沼液	＋	>1100	－	－	3.0×10^{6}
對照組-土壤#	－	43	－	－	1.2×10^{7}
豬沼渣-土壤#	－	1100	－	－	9.3×10^{6}
豬沼液-土壤#	－	38	－	－	8.7×10^{6}
牛沼液-土壤#	－	15	－	－	1.2×10^{7}

*＋陽性 －陰性
#土壤樣本為沼渣沼液施用至土壤 10 天後採樣。

無人飛行載具應用在農作物災損影像判釋技術研發 自 105 年起，研究團隊應用無人飛行載具 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV) 進行農作物災損監測與勘災技術之研發，針對颱風、豪雨及寒害所造成的災害，於臺中水稻、臺東番荔枝、高雄香蕉、屏東蓮霧/芒果/木瓜、宜蘭青蔥、苗栗高接梨等地區之作物進行災損航拍，獲得高解析度、多光譜與 3D 點雲等資訊。除透過影像判釋的分類技術，進行作物災損之範圍與受災程度之辨釋，並透過物件導向分類技術，進行落果、落葉及樹冠變化之辨釋。106 年，研究團隊已完成 12 種作物/果樹之災損 UAV 空拍作業與航拍影像災損判釋之初步分析，其中針對水稻與香蕉受颱風侵害所造成的大面積倒伏判釋成果最佳。水稻倒伏透過影像監督分類法進行判釋並套疊地籍圖 (圖 5-12)，能快速掌握災後作物災損面積與情況，目前災損影像比對地面查核之之水稻倒伏，其影像災損判釋率可達到 9 成以上。香蕉受災影像的判釋，依據影像非監督分類及香蕉的光譜特性，可將其星芒狀葉片與週圍的環境組成加以區分，其影像災損判釋率約 85% (圖 5-13-A1, A2)。另外，高接梨 (圖 5-13-B1, B2) 與番石榴 (圖 5-13-C1, C2) 的套袋影像計數與人工計數比對，其判釋準確率約為 80%。未來將持續發展依據影像光譜、地表紋理與空間幾何性之分類技術，同時，針對不同農作物災損之 UAV 影像判釋，需發展不同的技術，以提高作物災損判釋的準確性。

農業操作對農業生態系地被植物相變遷之影響 本研究針對臺灣地區農業生態系長期生態研究 (Long-Term Ecological Research, LTER) 試驗站 (圖 5-14) 之地被植物多樣性進行深入探討，分析各季各樣點地被植物之物種重要值指數 (Important value index, IVI)，其目的係藉由定期且長期之地被植物相監測，期可深入瞭解農事操作對地被植物相變遷之影響。結果顯示，一期作植物類群共記錄到 118 個植物種類，分屬於 42 個科，92 個屬 (表 5-12)；各生育地類型中，依據重要值指數為參考，農地最優勢之地被植物為水稻 (*Oryza sativa*)，其次為陌上草 (*Lindernia procumbens*) 與千金子(*Leptochloa chinensis*) (圖 5-15)；田埂為牛筋草 (*Eleusine indica*)，其次為千金子 (*L. chinensis*) 與空心蓮子草 (*Alternanthera philoxeroides*) (圖 5-16)；果園則為荔枝 (*Litchi chinensis*)，其次為奧古斯丁草 (*Stenotaphrum secundatum*) 與類地毯草(*Axonopus affinis*) (圖 5-17)。二期作植物類群共記錄到 101 個

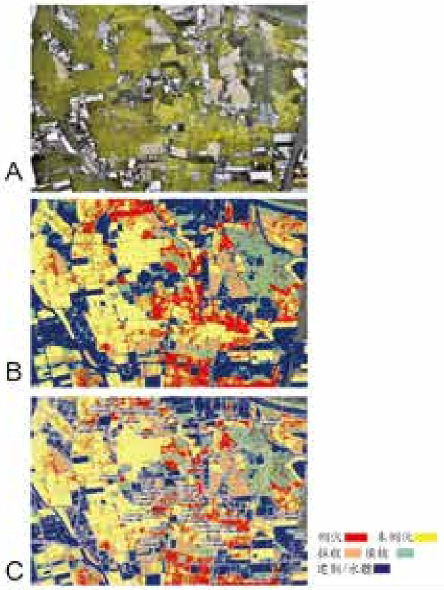


圖 5-12 106 年 6 月初連續大豪雨於臺中市霧峰區五福里之水稻倒伏情形。(A：航拍影像；B：水稻倒伏影像判釋成果；C：災損判釋套疊地籍圖)

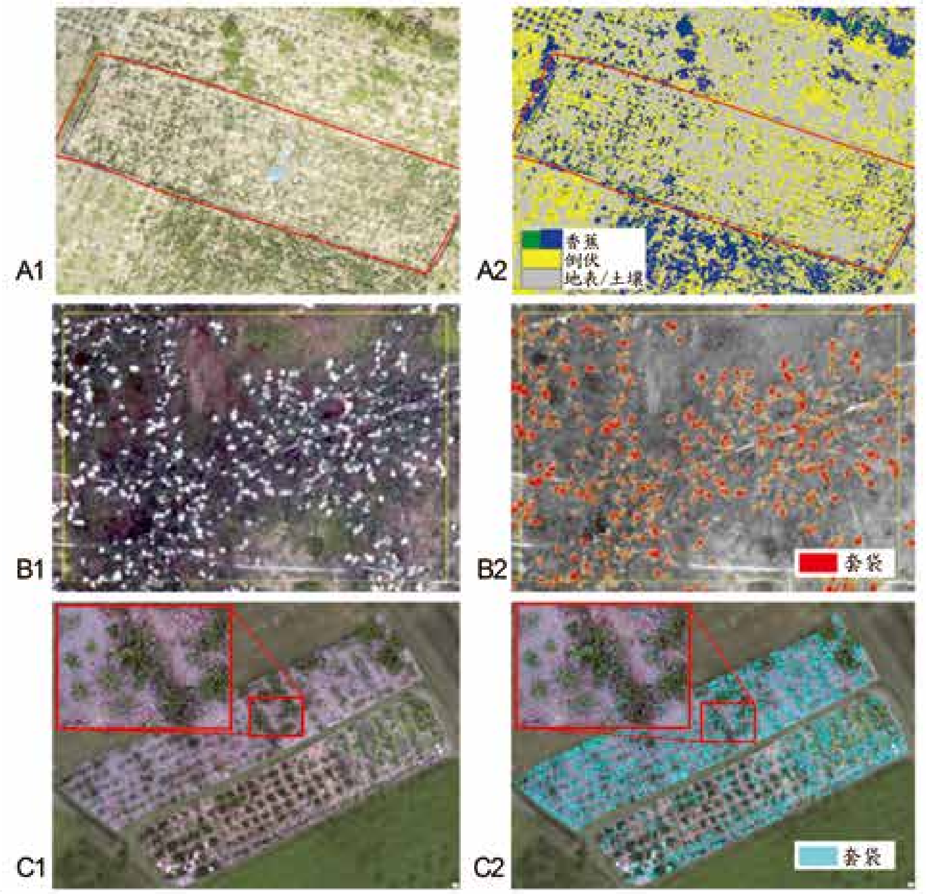


圖 5-13 災損影像判釋分析成果。(A1：香蕉災損航拍影像；A2：香蕉災損影像判釋成果；B1：高接梨災損航拍影像；B2：高接梨災損影像判釋成果；C1：番石榴災損航拍影像；C2：番石榴災損影像判釋成果)

表 5-12 2017 年度農業生態系長期生態研究站調查記錄之植物習性統計

隸屬特性		一期作(上半年)					二期作(上半年)				
		蕨類植物	裸子植物	雙子葉植物	單子葉植物	合計	蕨類植物	裸子植物	雙子葉植物	單子葉植物	合計
類別	科數	4	0	34	4	42	4	0	30	5	39
	屬數	4	0	66	22	92	4	0	49	29	82
	種數	5	0	79	34	118	4	0	60	37	101
屬性	特有種	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
	原生種	5	0	39	24	68	4	0	25	27	56
	歸化種	0	0	37	10	47	0	0	33	9	42
	栽培種	0	0	2	0	2	0	0	1	1	2
生長習性	喬木	0	0	7	0	7	0	0	8	1	9
	灌木	0	0	3	0	3	0	0	3	0	3
	木質藤本	0	0	4	0	4	0	0	3	0	3
	草質藤本	0	0	6	0	6	0	0	5	0	5
	草本	5	0	59	34	98	4	0	41	36	81

植物種類，分屬於 39 個科，82 個屬；各生育地類型中，依據重要值為參考，農地最優勢之地被植物為水稻 (*O. sativa*)，其次為落花生 (*Arachis hypogea*) 與牛筋草 (*E. indica*) (圖 5-15)；田埂為牛筋草(*E. indica*)，其次為千金子 (*L. chinensis*) 與空心蓮子草 (*A. philoxeroides*) (圖 5-16)；果園則為荔枝 (*L. chinensis*)，其次為類地毯草 (*A. affinis*) 與奧古斯丁草 (*S. secundatum*) (圖 5-17)。

溪口農場耕作制度與氧化亞氮(N_2O)排放係數探討 106 年於嘉義分所溪口農場，以 FTIR 分析儀(FACE-EB3200)與密閉罩法，對 2 種耕作制度(水稻連作 LL 區與水稻花生輪作 LU 區)、3 種氮肥施用等級(CK 區無氮肥；1 期 SA 區 100 kg N/ha、CA 區 180 kg N/ha；2 期 LL-SA 區 80 kg N/ha、LL-CA 區 140 kg N/ha、LU-SA 區 20 kg N/ha、LU-CA 區 45 kg N/ha)，及各處理田區 1–4 重複(CK 區無重複、LL 區 4 重複、LU 區 3 重複)、田區內佈點 5 重複(但僅量測水分狀態接近之 3 點)，總計 16 個田區與 48 個採樣點進行監測。106 年 1 期 36 天的監測結果(圖 5-18)推算 1 期 N_2O 累積通量：LL-CK 區 1.0895、LL-SA 區 0.9023、LL-CA 區 0.9161、LU-CK 區 1.2691、LU-SA 區 1.0522、LU-CA 區 1.2245 kg N_2O-N/ha。若以 N_2O 累積通量對氮肥施用量作圖之迴歸方程式推算，則排放係數為：LL 區-0.1%、LU 區-0.03%(單位為 kg N_2O-N/kg N)；若以 N_2O 累積通量除以氮肥施用量計算，則逸散百分比為：LL 區 0.51-0.9%、LU 區 0.68-1.05%(單位為 kg N_2O-N/kg N)。N_2O 排放明顯集中於插秧後連續湛水期結束、間歇灌水期尚未開始的時期，由 104 年 2 期與 105 年 1 期監測結果比對，可發現 106 年間歇灌水末期的排放量較低，推測可能與 5 月底 6 月初梅雨季連續兩次豪大雨事件有關。106 年 2 期 40 天的監測結果(圖 5-19)推算 2 期 N_2O 累積通量：LL-CK 區 0.0546、LL-SA 區 0.0838、LL-CA 區 0.0562、LU-CK 區 0.0090、LU-SA 區 0.0097、LU-CA 區 0.0184 kg N_2O-N/ha。若以 N_2O 累積通量對氮肥施用量作圖之迴歸方程式推算，則排放係數為：LL 區 0.08%、LU 區 0.02% (單位為 kg N_2O-N/kg N)；若以 N_2O 累積通量除以特定氮肥施用量計算逸散百分比，則 LL 區為 0.04-0.1%、LU 區為 0.04-0.05% (單位為 kg N_2O-N/kg N)。水田 N_2O 排放明顯集中於插秧後連續湛水期結束、間歇灌水期尚未開始的時期；旱田 CK 組無明顯 N_2O 排放趨勢，SA 與 CA 組在初期有一峰值存在，推測與畦溝灌溉水分管理有關。

圖 5-14 臺灣農業生態系長期生態研究站。

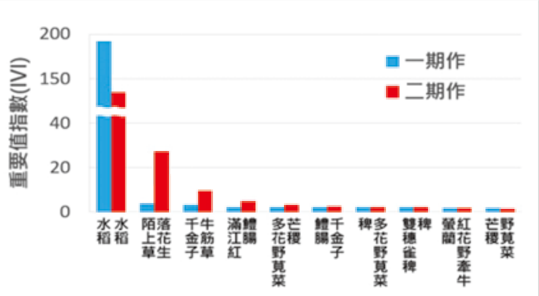


圖 5-15 2017 年度農業生態系長期生態研究站各期作農田地被植物重要值指數前十名。

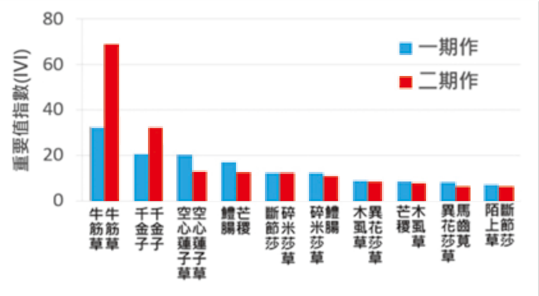


圖 5-16 2017 年度農業生態系長期生態研究站各期作田埂地被植物重要值指數前十名。

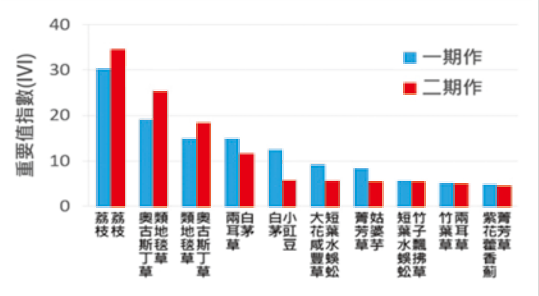


圖 5-17 2017 年度農業生態系長期生態研究站各期作果園地被植物重要值指數前十名。

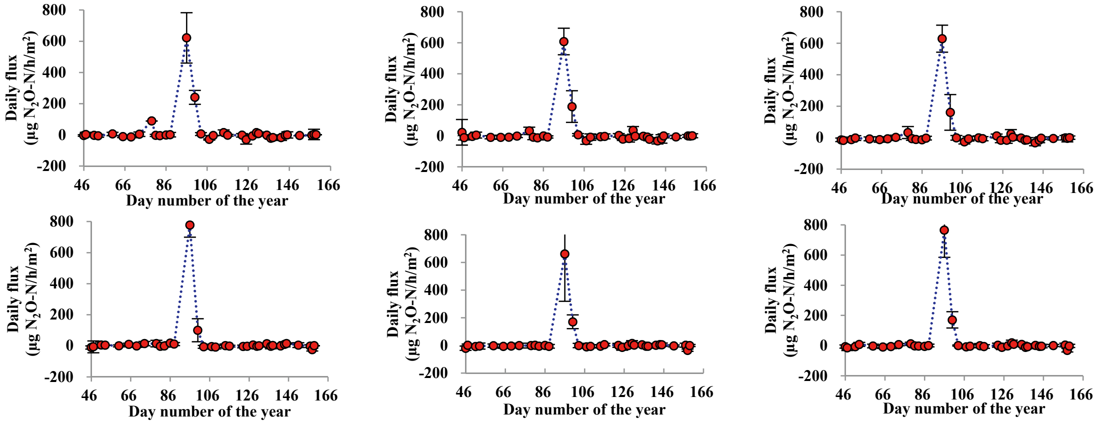


圖 5-18 106 年 1 期 N_2O 排放趨勢圖（左上 LL-CK、中上 LL-SA、右上 LL-CA、左下 LU-CK、中下 LU-SA、右下 LU-CA）

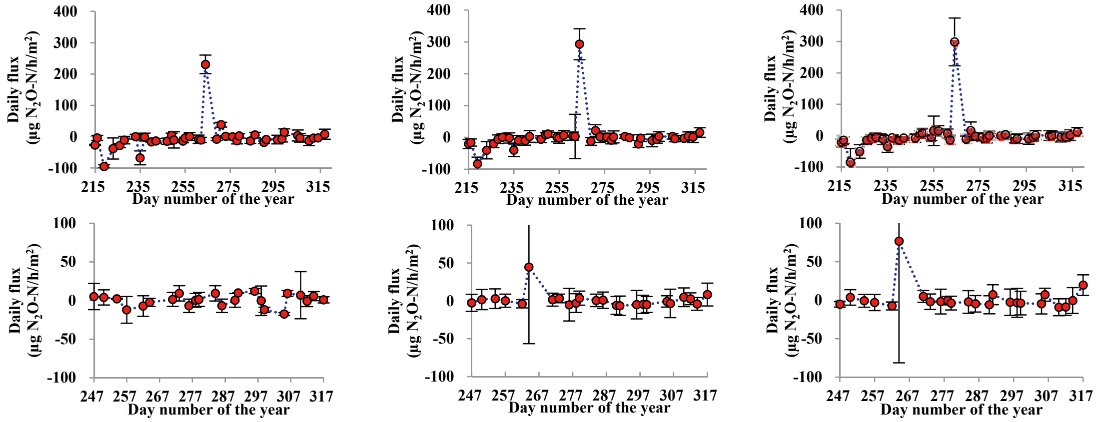


圖 5-19 106 年 2 期 N_2O 排放趨勢圖（左上 LL-CK、中上 LL-SA、右上 LL-CA、左下 LU-CK、中下 LU-SA、右下 LU-CA）

農產化學與加工

國產蔬菜食媒性病原菌之調查　本研究調查了解國內農業源頭常生食性蔬菜及其農業環境污染重要食媒性病原情形，追蹤可能污染源，作為協助建立安全生產栽培管理方式依據。106 年度檢驗沙門氏菌和李斯特菌等 2 種病原菌；檢驗方法依衛福部公告方法並導入 MALDI-TOF 質譜儀快篩。檢體採樣自 14 縣市 63 市鄉鎮區，41 個農場、30 個農會及契作或個體農民 81 位以上；採檢來源區包括田間、集貨場、截切蔬菜廠和芽菜生產農場。106 年度完成 2 種病原菌檢驗共計 1,500 件次，其中 448 件蔬菜(慣行和有機)檢出沙門氏菌 2 件，李斯特菌未檢出，總陽性率 0.45%。165 件土壤檢出沙門氏菌 5 件，陽性率 3.03%；137 件灌溉水檢出沙門氏菌 11 件和李斯特菌 1 件，總陽性率為 8.76%。農業環境檢體檢出率均較蔬菜為高。禽畜場周邊農田之土壤和灌溉水總陽性率分別 12.2%和 10.0%，高於一般農田。檢驗結果顯示蔬菜和農業環境總陽性率於 104–106 年有逐年下降趨勢。計畫執行的採檢及輔導，農民更了解避免污染食媒性病原菌的重要性，並加強農業環境衛生管理，因此明顯減少農業源頭污染。調查結果同時作為跨部會建構食媒性疾病與病原監測整合防護網資訊平台基礎資料，供上中下游資訊整合及強化監測防護網，有助於落實 ‘Farm to Table’ 食品安全管理。

香蕉澱粉加值應用　本研究以未成熟綠香蕉之抗性澱粉為題材，探討抗性澱粉的基本特性及對生理活性的影響。實驗分為兩部分，先分析香蕉澱粉理化特性及對體內活性影響，選擇適合的加工方式調配兩種配方，然後進行體外及體內活性的試驗評估。實驗結果顯示，與高脂控制組相比，在不影響攝食量的情況下，明顯 ($p<0.05$) 抑制倉鼠之體

重增加量及降低血清總膽固醇、三酸甘油脂酯及高密度脂蛋白的濃度。但經過加工處理後，抗性澱粉含量易受破壞而減少，隨著沖泡溫度越高，大鼠血糖濃度也相對上升越多。最後，依據香蕉澱粉加工特性，調配的香蕉澱粉-穀粉配方及香蕉 澱粉-冰淇淋配方。在體內試驗中，大鼠攝食香蕉澱粉-穀粉配方有助控 制餐後血糖之升高，而兩種配方對降低血脂的效果則不明顯。整體而言，未加工之香蕉抗性澱粉能有效控制餐後血糖及降低血脂的含量，若經高溫處理則效果不明顯，以實驗結果顯示，目前本研究的香蕉澱粉樣品不適用於高溫產品，且產品中須有一定的含量才能發 揮其控制血糖及降低血脂的效果。

原住民農業

加強原住民地區土壤肥培管理技術之研究 本計畫目的為提升原住民地區農業競爭力，從土壤肥料角度切入農業生產，中部地區海拔高度 700 公尺以上，其氣候冷涼、地勢平坦，因此為台灣夏季主要農業生產區。本計畫調查原鄉地區 (101 年–106 年) 698 件土壤樣本，原鄉地區栽培耕種土壤以 pH5.0–6.8 範圍最多；有機質含量以 15–30 g kg^{-1} 最多；有效性磷尚屬正常範圍內 (50–200 mg kg^{-1}) 佔居多；而交換性鉀含量偏低 (<150 mg kg^{-1}) 佔居多；交換性鈣含量有偏低 (<1,000 mg kg^{-1}) 的情況；交換性鎂大多於正常範圍內(50–200 mg kg^{-1})，重金屬銅和鋅大多未超過 89 年行政院環保署訂定之台灣地區土壤重金屬正常環境背景值 。本年度於信義鄉進行青椒肥培試驗，以滴帶肥灌系統配合銀黑塑膠替代慣行水鳥噴灌，有效控制水分均勻度及改善生育中後期追肥之作業，不但提升施肥效力同時亦節省追肥人力。另外本計畫亦在原鄉分次辦理土壤分析服務，並延續性推動敏豆健康管理體系技術講習二場次，此外，依區域性需求辦理農業生產力訓練，客製化辦理相關栽培技術課程分別於苗栗縣泰安鄉辦理原鄉有機管理訓練班計三場次、高雄市那瑪夏區辦理咖啡栽培管理技術講習一場次及南投縣信義鄉辦理循環農業資材應用觀摩講習一場次，本年度共計辦理七場次技術講習，於當地辦理訓練講習有效促進現場觀摩與交流效果。

原鄉特色作物栽培管理技術之研究 本計畫目的為促進原鄉地區特色作物產業發展，段木香菇與愛玉子為原鄉最具特色之作物。原鄉林地天然環境良好，氣候條件栽培段木菇類具先天之優勢，目前原住民部落栽培段木菇類最大之問題，在於多數菇農並未受過正規栽培教育，由耆老口傳心授，當遇到問題時常無法立即修正，常導致產量上之損失，透過加強前往各部落進行講習與現場輔導，建立段木香菇栽培標準流程推廣手冊，讓菇農可以獲得正確之知識，本年度於原鄉辦理 3 場次之段木菇類栽培與菌種製作技術等相關課程，課程規劃充分與部落耆老討論，並透過實地指導之方式提升菇農栽培技術，進而增進其產量。原鄉愛玉子大多是林下野生採集，近年來產量有限價格高漲，逐漸朝向集約式人工栽培，粗放的管理模式加上不對等之雌雄株比例，影響授粉小蜂數量，相對授粉結果率低，近年來常出現落果的情況，此外，管理上缺乏適當的整枝修剪，病蟲害嚴重影響愛玉子生長勢，輔導之高雄市桃源區栽培技術仍有很大的進步空間，本年度於當地辦理 2 場次之愛玉子栽培管理講習配合現場診斷，除了生產面的技術導入外，未來亦增加採收後處理之課程，有效提升栽培技術加上標準化採收後處理，穩定品質與產量，為原鄉相當具潛力之特色作物。

原住民農業輔導-小米栽培管理模式與加值利用 進行茂林區小米包裝袋外觀設計，其外觀設計版樣將依據茂林地區圖騰以及特色進行設計，日後會將設計版樣帶到部落與地方農業推廣人員、產銷班進行討論事宜。初步與茂林區多納部落農友進行包裝設計溝通，目前選定幾種茂林地區特色做為包裝樣式的設計 (紫斑蝶、百步蛇、百合花) 等，目前設計人員進行設計，初步設計完成時會將設機包裝與農友、鄉公所再進行第二次討論。經由多次與產銷班進行雙向溝通後，經由評選 (小米、紅藜等兩款雜糧包裝設計) 後已經定稿，目前於所內進行研發成果登記之後，要再會同鄉公所與產銷班。

原住民農業輔導-原鄉柑桔產業經營輔導與技術推廣 今年度於獅潭鄉舉辦 3 場桶柑講習會，其中兩場有關栽培管理層面的課程，包括病蟲害管理與防治、桶柑施肥原則以及要領、剪義農機保養與故障排除等，課程內容都經過需求評估調查依照當地需求進行課程內容設計，桶柑作物一般都在農曆過年前進行採收，輔導過程中著力於健康管理技術為主要，屆時會進行農藥產留檢測，以確認農民在年度作業中是否有按照健康管理要求進行，進而確保輔導之成效。